

16-  
\$6-

**This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

**Defective images within this document are accurate representations of  
the original documents submitted by the applicant.**

**Defects in the images may include (but are not limited to):**

- **BLACK BORDERS**
- **TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- **FADED TEXT**
- **ILLEGIBLE TEXT**
- **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- **COLOR PHOTOS**
- **BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS**
- **GRAY SCALE DOCUMENTS**

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**



12 805



**Eur päisches  
Patentamt**

**European  
Patent Office**

**Office eur péen  
des brevets**

**Bescheinigung**

**Certificate**

**Attestation**

Die angehefteten Unterlagen stimmen mit der ursprünglich eingereichten Fassung der auf dem nächsten Blatt bezeichneten europäischen Patentanmeldung überein.

The attached documents are exact copies of the European patent application described on the following page, as originally filed.

Les documents fixés à cette attestation sont conformes à la version initialement déposée de la demande de brevet européen spécifiée à la page suivante.

JP057 U.S. PTO  
09/961335  
09/25/01

**Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°**

99106042.7

Der Präsident des Europäischen Patentamts:  
Im Auftrag

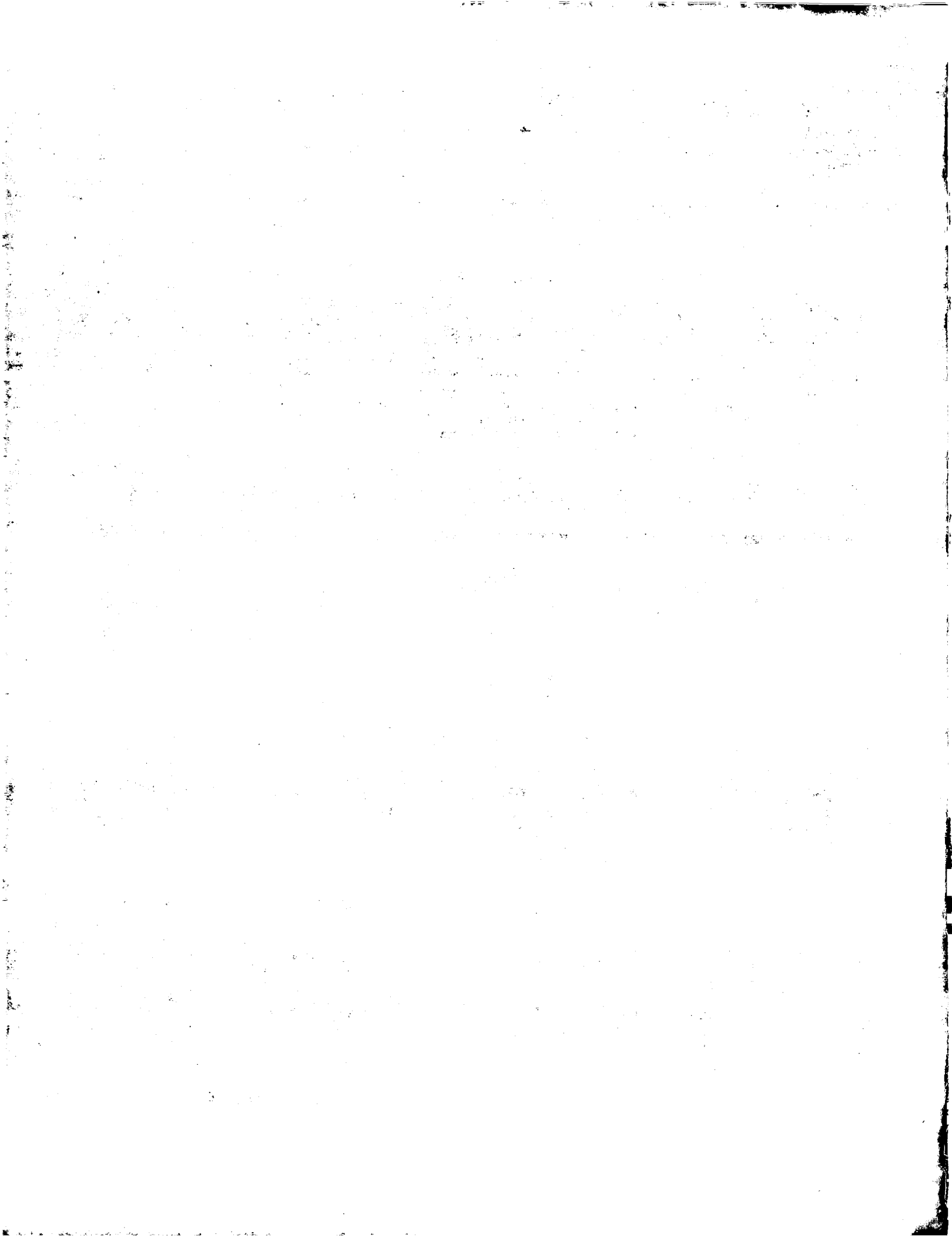
For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets  
p.o.

**I.L.C. HATTEN-HECKMAN**

DEN HAAG, DEN  
THE HAGUE,  
LA HAYE, LE

06/04/00





Eur päisches  
Patentamt

Eur pean  
Patent Office

Office eur péen  
des brevets

**Blatt 2 der Bescheinigung**  
**Sheet 2 of the certificate**  
**Page 2 de l'attestation**

Anmeldung Nr.:  
Application no.: 99106042.7  
Demande n°:

Anmeldetag:  
Date of filing: 25/03/99  
Date de dépôt:

Anmelder:  
Applicant(s):  
Demandeur(s):  
**PIRELLI CAVI E SISTEMI S.p.A.**  
**20126 Milano**  
**ITALY**

Bezeichnung der Erfindung:  
Title of the invention:  
Titre de l'invention:  
**Water-resistant cable**

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed / Priorité(s) revendiquée(s)

Staat:  
State:  
Pays:

Tag:  
Date:  
Date:

Aktenzeichen:  
File no.  
Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation:  
International Patent classification:  
Classification internationale des brevets:  
**G02B6/44**

Am Anmeldetag benannte Vertragsstaaten:  
Contracting states designated at date of filing: AT/BE/CH/CY/DE/DK/ES/FI/FR/GB/GR/IE/IT/LI/LU/MC/NL/PT/SE  
Etats contractants désignés lors du dépôt:

Bemerkungen:  
Remarks:  
Remarques:

**The original title of the application in Italian reads as follows : Cavo resistente all'acqua**



PC805

1

## CAVO RESISTENTE ALL'ACQUA

La presente invenzione si riferisce ad un cavo, in particolare ad un cavo a fibre ottiche, resistente alla  
5 permeazione radiale ed alla propagazione longitudinale dell'acqua.

La presente invenzione si riferisce inoltre ad un metodo per mantenere un'elevata resistenza al passaggio dell'acqua sia allo stato liquido che allo stato di vapore all'interno  
10 di cavi, in particolare di cavi a fibre ottiche.

I cavi ed in particolare i cavi a fibre ottiche vengono utilizzati in condizioni ambientali che comportano il contatto con acqua sia in forma liquida che in forma di vapore.

15 La presenza di acqua all'interno dei cavi ottici, ed in particolare in prossimità delle fibre ottiche, genera come effetto finale una riduzione delle capacità trasmissive delle fibre.

Detta riduzione delle capacità trasmissive delle fibre è  
20 dovuta in particolare alla diffusione di vapore d'acqua attraverso i rivestimenti della fibra ottica ed alla successiva condensazione di acqua all'interfaccia inchiostro-secondario e vetro-primario. Tale condensazione può provocare distacchi locali tra inchiostro e  
25 rivestimento secondario o tra vetro e rivestimento primario, dando luogo a irregolari sollecitazioni meccaniche ("microbending"), che possono causare attenuazione del segnale trasmesso.

Il contatto delle fibre ottiche con acqua liquida può  
30 avvenire sia a seguito di penetrazione di acqua da una estremità male confezionata (in fase di immagazzinamento o di posa del cavo), sia a seguito di un danneggiamento accidentale della guaina stessa.

PC805

2

La presenza di acqua, in particolare di acqua allo stato liquido, e la possibilità di una sua propagazione longitudinale all'interno dei cavi è inoltre possibile causa di danneggiamenti alle apparecchiature cui i cavi sono collegati. In vista di quanto sopra, risulta pertanto vantaggioso bloccare la propagazione dell'acqua lungo il cavo e limitare il più possibile la lunghezza di cavo interessato a tale propagazione, che dopo il contatto con l'acqua andrà bonificato.

- 10 Il contatto delle fibre ottiche all'interno di un cavo con acqua allo stato di vapore avviene quando essa permea attraverso gli strati costituenti il cavo ottico potendo così raggiungerne l'interno dove si trovano alloggiate le fibre ottiche. Fino a valori di umidità relativa piuttosto  
15 elevati (tipicamente dell'ordine del 75-80%), le fibre ottiche non risentono negativamente della presenza di vapore acqueo e possono rimanere in tali condizioni anche per anni. Al di sopra di tale soglia, l'umidità elevata in contatto con la superficie delle fibre ottiche può  
20 provocare inconvenienti analoghi a quelli causati dal contatto con acqua liquida (ad esempio delaminazione, distacchi locali tra vetro e rivestimento e/o distacchi tra i vari strati di rivestimento, fenomeni di microbending) che possono essere cause di incrementi di attenuazione.
- 25 Infine, un contatto prolungato di acqua (sia liquida, sia allo stato di vapore) con la superficie della fibra, quale si viene a creare a seguito di delaminazioni vetro-primario, può portare ad una riduzione della resistenza meccanica della parte in vetro della fibra.
- 30 Nell'arte nota sono descritte una serie di soluzioni per limitare o impedire l'ingresso di acqua all'interno del cavo.

Ad esempio, per limitare la penetrazione dell'acqua liquida



PC805

3

nei cavi a fibre ottiche è noto introdurre nella struttura del cavo un riempitivo tamponante fluido, tipicamente un grasso o un olio addensato, con lo scopo di opporre una barriera fisica al passaggio dell'acqua all'interno del  
5 cavo. Tali riempitivi, non avendo particolari interazioni chimico-fisiche con l'acqua, vengono anche chiamati fluidi "tamponanti inerti".

Esempi di detti fluidi tamponanti inerti sono descritti nei brevetti EP811864, US5285513, US5187763 ed EP541007.

10 Il brevetto US5751880 descrive un'unità ottica per un cavo a fibre ottiche comprendente un tubo di materiale plastico nel quale delle fibre sono alloggiare in modo lasco. Il tubo ha un diametro esterno di 5 mm ed un diametro interno di 4,5 mm, ed è realizzato con un materiale avente un  
15 modulo di elasticità inferiore a 1500 MPa a 20°C. All'interno del tubo in materiale plastico è contenuto un gel sigillante per prevenire la penetrazione all'acqua e per rendere scorrevoli tra loro le fibre.

Nel brevetto US5671312 è descritto un cavo a fibre ottiche  
20 nel quale delle fibre, ricoperte ciascuna da un proprio rivestimento di acrilato, sono raggruppate all'interno di tubetti in materiale plastico. All'interno di tali tubetti è presente un olio di riempimento che si inserisce negli spazi vuoti esistenti tra le fibre. Tale olio presenta una  
25 viscosità compresa tra 100 cPo e 5,000 cPo. Tale olio ha lo scopo di ridurre l'attrito tra le fibre negli spazi vuoti molto ridotti all'interno dei tubetti.

L'introduzione di detti riempitivi tamponanti inerti nella struttura del cavo ottico in fase di produzione è spesso  
30 difficoltosa, in particolare con tubetti di piccolo diametro. Inoltre, è richiesta la lavorazione dei terminali ("teste") di tali cavi, che devono essere confezionati in modo tale da evitare perdite del materiale di riempimento

PC805

4

che è allo stato fluido più o meno viscoso. Inoltre, in fase di installazione e/o manutenzione del cavo, per potere effettuare le giunzioni tra i vari pezzi di cavo risulta necessario detergere il riempitivo tamponante da tutti gli

5 elementi del cavo ottico ed in particolare dalle fibre ottiche. Tale operazione è spesso sgradita all'installatore e può comportare il rischio di causare un danneggiamento delle fibre ottiche per effetto dei solventi e dello sfregamento.

- 10 Un'altra soluzione nota per limitare l'ingresso di acqua all'interno dei cavi ottici prevede l'uso di materiali igroespandenti, cioè sostanze capaci di assorbire una certa quantità di acqua aumentando il loro volume. Tali materiali, in contrapposizione a quelli descritti in
- 15 precedenza, sono anche noti come "tamponanti attivi".

Tipicamente, tali materiali igroespandenti sono in forma di polvere distribuita su supporti di materiale plastico fibroso, ad esempio sotto forma di nastri o filati sui quali viene applicata tale polvere, che vengono disposti in

20 prossimità delle strutture del cavo lungo le quali si desidera impedire la propagazione longitudinale dell'acqua. Il brevetto US 5,138,685 descrive un cavo comprendente un nastro laminato costituito di due strati sovrapposti di materiale polimerico in tessuto-non-tessuto, tra i quali

25 viene disposto un materiale igroespandente in forma di polvere.

Il brevetto US 5642452 descrive un cavo comprendente un filato impregnato con materiale igroespandente, in particolare acido poliacrilico. Tale filato viene cordato

30 intorno ad un elemento di rinforzo centrale insieme ai tubetti contenenti le fibre ottiche che sono riempiti con un tamponante "inerte" convenzionale. Secondo quanto riportato in tale brevetto, questa configurazione è in

PC805

5

grado di prevenire il passaggio longitudinale di acqua nelle aree stellari create dall'avvolgimento ad elica dei tubetti intorno all'elemento centrale.

Il brevetto US 4767184 descrive un cavo ottico avente un  
5 nucleo scanalato, nelle cui scanalature sono disposti più nastri di fibre ottiche sovrapposti, ciascuno rivestito con un film di resina contenente un materiale igroespandente o rigonfiante. In associazione con i nastri di fibre ottiche con rivestimento contenente materiale igroespandente può  
10 essere impiegato un rivestimento dello stesso materiale applicato al nucleo scanalato, mentre nelle scanalature ove non sono presenti nastri di fibre ottiche è necessario l'impiego di una polvere in materiale assorbente acqua.

La richiedente ha osservato che se si impiegano nastri  
15 fibrosi igroespandenti, in fase di fabbricazione del cavo è necessario prevedere una operazione aggiuntiva di nastratura per l'applicazione di tali nastri.

Inoltre, si presenta spesso il problema del rilascio indesiderato delle polveri igroespandenti, portate da detti  
20 nastri, sia in fase di costruzione del cavo sia nel cavo costruito. Ciò provoca che la capacità di limitare la penetrazione di acqua può risultare ridotta proprio laddove è necessario.

La richiedente ha osservato che utilizzando un materiale  
25 igroespandente sotto forma di polvere le fibre ottiche, in contatto con i granuli di detta polvere possono andare soggette a fenomeni di "microbending", cioè fenomeni di piegatura localizzata non controllata dovuta al diretto contatto delle fibre con i granuli di detta polvere. Questo  
30 provoca un sensibile incremento di attenuazione del segnale che si propaga nelle fibre anche indipendentemente dalla presenza di umidità.

Quindi, utilizzando una polvere igroespandente a contatto

PC805

6

con le fibre ottiche si può verificare una attenuazione indesiderata del segnale ottico trasmesso nelle fibre ottiche a causa del microbending.

La richiedente ha ulteriormente osservato che per ovviare a  
5 tale inconveniente sarebbe necessario ridurre notevolmente la dimensione media dei granuli della polvere igroespandente rispetto ai valori attualmente disponibili.

La richiedente ha tuttavia verificato che tale riduzione  
10 non è possibile oltre un limite prefissato, corrispondente ad una curva di granulometria in cui circa il 90% del materiale ha dimensione dei granuli inferiore a 80 µm, in quanto la polvere macinata oltre tale valore perde molte delle sue caratteristiche di igroespandibilità e quindi di capacità di bloccaggio dell'acqua.

15 Inoltre, la richiedente ha osservato che utilizzando la polvere igroespandente si riscontra un incremento del coefficiente di attrito tra una fibra e l'altra e tra le fibre e la parete interna del tubetto. Questo può provocare, oltre che la già citata attenuazione sul  
20 segnale, difficoltà di scorrimento tra fibre e tubetto, come richiesto ad esempio durante le operazioni di derivazione e terminazione del cavo, in cui si debba far scorrere un tratto di tubetto rispetto alle fibre in esso contenute, per scoprirne una opportuna porzione.

25 Secondo la presente invenzione si è trovato che un cavo con tubetti alloggianti le fibre ottiche può essere efficacemente protetto contro la penetrazione longitudinale di acqua attraverso i tubetti disponendo all'interno dei tubetti stessi ed in contatto con le fibre ottiche una  
30 miscela comprendente una prima quantità di polvere igroespandente ed una seconda quantità di polvere inerte, avente una granulometria inferiore a quella della polvere igroespandente, in sostanziale assenza di incrementi di

PC805

7

attenuazione nelle fibre dovuti a fenomeni di microbending. Vantaggiosamente, la polvere inerte comprende un materiale con proprietà lubrificanti, riducendo in tal modo il coefficiente di attrito tra fibra e fibra e quindi le  
5 attenuazioni indotte dallo sfregamento tra le fibre stesse. Inoltre, la richiedente ha osservato che in un cavo ottico, ed in particolare in un cavo a tubetti, esistono cavità di un primo tipo, cioè le cavità definite all'interno dei tubetti, e cavità di un secondo tipo, cioè le cavità  
10 definite tra la superficie esterna dei tubetti e la guaina che li circonda. Secondo un altro aspetto della presente invenzione, si è trovato che le cavità all'interno dei tubetti, che possono essere occluse solo con difficoltà mediante l'impiego di fluidi viscosi a causa del piccolo  
15 diametro dei tubetti stessi e della perdita di carico associata all'alimentazione di detti fluidi viscosi al loro interno, sono convenientemente protette mediante la suddetta miscela di polveri, mentre lo spazio compreso tra i tubetti può essere efficacemente tamponato mediante un  
20 tamponante fluido.

Un aspetto della presente invenzione riguarda pertanto un cavo a fibre ottiche comprendente una cavità longitudinale nella quale è inserita almeno una fibra ottica, caratterizzato dal fatto che all'interno di detta cavità è  
25 inserita una miscela di polveri comprendente una prima frazione di polvere igroespandente ed una seconda frazione di una polvere inerte avente una prefissata granulometria, inferiore a quella di detta polvere igroespandente, detta prima e seconda frazione e detta prefissata granulometria  
30 della polvere inerte essendo selezionate in modo da:

- limitare la penetrazione d'acqua in ventiquattro ore lungo detta cavità entro una distanza inferiore a tre metri dal punto di ingresso di detta acqua, e

PC805

8

- causare un incremento di attenuazione in detta fibra ottica a seguito dell'alloggiamento in detta cavità inferiore a 0,02 dB/km rispetto al valore della fibra ottica non cablata.

- 5 Preferibilmente detta frazione di polvere igroespandente è compresa tra il 40% ed il 80% in peso di detta miscela.

Preferibilmente detta prefissata granulometria di detta polvere inerte è tale che almeno il 90% in peso di detta polvere inerte ha dimensione inferiore a 40µm.

- 10 In particolare, detta polvere inerte è un materiale scelto tra talco, grafite, bisolfuro di molibdeno o PTFE in forma di polvere.

Preferibilmente detta polvere inerte è talco.

- 15 Preferibilmente detta polvere igroespandente è poliacrilato di sodio.

Preferibilmente, detta polvere igroespandente ha granulometria tale che almeno il 90% in peso di detta polvere inerte ha dimensione inferiore a 80µm.

- 20 Secondo una forma preferita di realizzazione, detta cavità è una cavità sostanzialmente tubolare con un diametro interno inferiore a 1,7 mm.

Più in particolare, detto cavo comprende ulteriormente un tubo interno nel quale è alloggiato in modo lasco almeno un tubetto, al cui interno è definita detta cavità tubolare.

- 25 Secondo un aspetto preferito della presente invenzione, nello spazio tra detti tubetti e detto tubo interno è inserito un tamponante fluido.

Preferibilmente, detto tamponante fluido comprende un polisilossano.

- 30 Secondo una particolare forma di realizzazione, detto tamponante fluido comprende polvere igroespandente.

Preferibilmente detti tubetti sono realizzati in una

PC805

9

mescola comprendente un copolimero etilene/vinilacetato.

Il termine "polvere inerte" ai fini della presente invenzione designa un materiale allo stato polverulento, avente ridotto o nullo incremento di volume in presenza  
5 d'acqua.

Con il termine materiale "igroespandente" o "rigonfiante" si intende nella presente descrizione un materiale che tende ad assorbire acqua dall'ambiente circostante e che, posto a contatto con acqua, aumenta di volume, a seguito  
10 dell'assorbimento di una determinata quantità di acqua, rimanendo comunque allo stato solido. Tale aumento di volume dipende dal tipo di materiale, dal tempo di contatto di tale materiale con l'acqua e dalla quantità di acqua assorbita.

15 In questa definizione rientrano materiali che a contatto con l'acqua presentano un aumento di volume maggiore del 5% e preferibilmente di almeno il 50% rispetto al volume originario, fino ad un aumento di oltre il 200% rispetto al volume originario per sostanze con un assorbimento di acqua  
20 particolarmente elevato.

Il presente trovato sarà meglio compreso dalla seguente particolareggiata descrizione con riferimento agli allegati disegni in cui:

la figura 1 mostra schematicamente in sezione un esempio di  
25 cavo a fibre ottiche secondo la presente invenzione, del tipo a tubetti;

la figura 2 mostra un grafico che rappresenta la granulometria di una polvere igroespandente e di un talco secondo la presente invenzione;

30 la figura 3 mostra un grafico della variazione di attenuazione in funzione della temperatura di un cavo realizzato secondo la presente invenzione;

la figura 4 mostra schematicamente in sezione un esempio di

PC805

10

cavo a fibre ottiche secondo la presente invenzione, del tipo a nucleo scanalato.

Un cavo di tipo detto a tubetti (in particolare a tubetti laschi, o "loose tubes"), come rappresentato in figura 1, presenta uno o più elementi tubolari o tubetti 2 entro cui sono alloggiate fibre ottiche 3 disposte singolarmente, oppure riunite in nastri o simili. Le fibre ottiche possono essere ad esempio fibre singolo modo, multimodo, a dispersione spostata (DS), a dispersione non nulla (NZD), oppure fibre a grande area efficace e simili, secondo le esigenze di applicazione del cavo. In generale si tratta di fibre aventi un diametro esterno usualmente compreso tra 230 e 270  $\mu\text{m}$ .

Il numero di elementi tubolari presenti (eventualmente anche disposti su più strati) e le dimensioni degli stessi elementi tubolari dipende dalla potenzialità prevista per il cavo, oltre che dalle condizioni di impiego del medesimo.

A titolo di esempio, sono previsti sia cavi con un singolo elemento tubolare, sia cavi con sei, otto o più elementi tubolari, disposti in uno o più strati (per esempio fino a 48 tubetti).

In una forma di realizzazione preferita, i tubetti hanno un diametro esterno compreso tra 0.7 e 2 mm e un diametro interno compreso tra 0.5 e 1.7 mm e sono realizzati preferibilmente in materiale polimerico.

Un adatto materiale per la realizzazione dei tubetti è, ad esempio, un copolimero etilene/vinilacetato (EVA) o polietilene (PE) o loro miscele, convenientemente miscelato con cariche minerali per ottenere le proprietà meccaniche, di resistenza alla fiamma e di livello di emissione fumi richieste per la specifica applicazione. Tali cariche minerali possono ad esempio comprendere carbonato di



PC805

11

calcio, idrossido di magnesio o idrossido di alluminio o loro miscele.

Un adatto materiale, già addizionato di cariche minerali, è il materiale denominato PULSAR 604 posto in commercio dalla

5 BICC.

Preferibilmente, il materiale ha un modulo di elasticità inferiore a 4000 MPa in tutto il campo di temperature di funzionamento del cavo, cioè tipicamente fra  $-40^{\circ}\text{C}$  e  $+70^{\circ}\text{C}$ , in modo da non dar luogo ad eccessive sollecitazioni di

10 microbending sulle fibre durante i cicli termici giornalieri e stagionali a cui il cavo è sottoposto.

Per facilitare il taglio e l'asportazione del tubetto durante le operazioni di terminazione e derivazione del cavo stesso, è inoltre preferibile che il modulo di

15 elasticità del materiale costituente il tubetto sia sufficientemente basso nel campo di temperature previsto per queste operazioni ( $+30^{\circ}\text{C}/0^{\circ}\text{C}$ ), preferibilmente inferiore o uguale a 2500 MPa.

Il cavo comprende inoltre un tubo interno 4, che è

20 realizzato in materiale plastico, per esempio polietilene (preferibilmente MDPE), EVA e simili, nel quale tutti i tubetti 3 sono inseriti in modo lasco.

In una forma preferita di realizzazione, tale tubo interno presenta un diametro esterno compreso tra 4 e 17 mm e un

25 diametro interno compreso tra 2 e 14 mm, in relazione alle potenzialità del cavo.

Preferibilmente, i tubetti sono disposti in detto tubo interno del cavo seguendo un tracciato ad elica aperta attorno all'asse del cavo stesso.

30 Con il termine "ad elica aperta" si intende che i tubetti sono cordati attorno all'asse del cavo secondo tratti con un primo verso di avvolgimento (a forma di S), alternati a tratti con opposto verso di avvolgimento (a forma di Z).

PC805

12

Tale tipo di cordatura è definita come cordatura S2.

Il cavo comprende, inoltre, una guaina tubolare esterna 6 protettiva in un materiale polimerico tipicamente in polietilene (eventualmente addizionato con cariche minerali per ottimizzarne la resistenza alla fiamma ed l'emissione di fumi), EVA o PVC.

Tra detta guaina tubolare esterna 6 ed il tubo interno 4 è convenientemente inserito uno strato di materiale antincollaggio 5 che permette alla guaina e al tubo interno di non incollarsi tra loro durante l'estrusione del cavo. Tale materiale è ad esempio un nastro comprendente un nastro di carta o un nastro tessuto o non tessuto o un materiale igroespandente. Nell'esempio descritto la guaina esterna ha un diametro esterno compreso tra 3 e 25 mm e uno spessore compreso tra 0,5 e 3 mm.

Nello spessore di detta guaina tubolare esterna 6 sono inseriti uno o più elementi di rinforzo 7 disposti longitudinalmente lungo il cavo. In una forma di realizzazione preferita, come illustrato in figura 1, sono presenti due elementi di rinforzo 7, vantaggiosamente in posizione diametralmente contrapposta l'uno all'altro.

Tali elementi sono preferibilmente immersi completamente in detta guaina e sono preferibilmente costituiti da tondini di materiale ad alta resistenza, tipicamente di dimensioni tra 0,5 e 2,5 mm.

Esemplificativamente, detti elementi di rinforzo sono realizzati in materiale composito, come vetroresina o resina rinforzata in fibra di carbonio o filati aramidici (kevlar®) oppure in materiale metallico come acciaio e simili.

Inoltre, un elemento di rinforzo può essere alternativamente o addizionalmente posto all'interno del

PC805

13

tubo interno 4 in posizione assiale.

Inoltre, o in alternativa, un elemento di rinforzo può essere costituito da uno strato di fibre ad alta resistenza, come ad esempio kevlar® o simili, esteso per una parte o l'intera circonferenza del cavo.

Compresi nella guaina tubolare esterna 6 protettiva possono essere inclusi fili tagliaguaina 8 disposti preferibilmente in prossimità di detti elementi di rinforzo e longitudinalmente rispetto al cavo. Tali fili tagliaguaina possono essere ad esempio realizzati con filati aramidici o filati rivestiti con un materiale igroespandente.

In una realizzazione particolare, il tubo 4 può mancare e la guaina tubolare esterna 6 può svolgere la duplice funzione di guaina protettiva esterna e di tubo interno.

Inoltre, tale guaina esterna può essere di sezione trasversale ellittica oppure presentare più nervature di rinforzo, ad esempio due o quattro nervature contrapposte, in alcune delle quali sono inseriti gli elementi di rinforzo. Tale forma è descritta ad esempio nella domanda di brevetto EP793127.

In relazione a specifiche esigenze possono essere inoltre presenti ulteriori strati di protezione, ad esempio metallici o polimerici, sia interni sia esterni alla struttura descritta.

All'interno dei tubetti 2 è inserita una miscela 11 comprendente una percentuale di polvere igroespandente miscelata ad una polvere inerte a grana fine. In particolare, tale polvere inerte presenta una granulometria inferiore a quella del materiale igroespandente.

Preferibilmente, la polvere con granulometria fine è talco; in particolare, è risultato adatto il talco Johnson Baby Powder della Johnson & Johnson.

Ulteriori materiali adatti allo scopo sono grafite,

PC805

14

bisolfuro di molibdeno o politetrafluoroetilene (PTFE) in forma di polvere.

Un esempio di materiale adeguato per l'impiego come polvere igroespandente è un polimero assorbente a base di poliacrilato di sodio ("SAP", Super Absorbent Polymer) denominato AQUA KEEP J550 prodotto dalla Sanyo.

Tale materiale è commercialmente disponibile con una distribuzione della dimensione dei granuli compresa tra 50µm e 1mm, con circa il 90% dei granuli con dimensione inferiore a 800µm.

Tale granulometria è risultata eccessiva per l'impiego in vicinanza alle fibre ottiche e la polvere igroespandente è stata quindi sottoposta ad un trattamento di macinazione, portandola fino ad una granulometria comunque compatibile con il mantenimento delle caratteristiche di capacità igroespandente della polvere (il 90% della polvere ha diametro inferiore a 80µm).

In figura 2 è rappresentato un grafico in cui la curva 51 mostra le caratteristiche di granulometria della polvere igroespandente (Sanyo AQUA KEEP J550) e la curva 52 mostra le caratteristiche della polvere con granulometria fine (talco Johnson Baby Powder della Johnson & Johnson).

Dai due grafici si può notare come la granulometria del talco sia inferiore a quella del polimero super assorbente; infatti circa il 90% dei granuli del talco ha un diametro inferiore a circa 40µm ed il 90% dei granuli della polvere igroespandente ha un diametro inferiore a circa 80µm.

Tipicamente, la miscela comprende da 40 a 80% in peso di polvere igroespandente e da 20 a 60% in peso di polvere inerte (talco).

La miscela di polveri sopra descritta può convenientemente essere introdotta nei tubetti applicandola alle fibre prima

PC805

15

dell'estrusione del tubetto intorno ad esse.

Ad esempio, la miscela di polveri può essere applicata facendo attraversare alle fibre una vaschetta contenente le polveri stesse mantenute in agitazione.

- 5 In alternativa, possono essere applicati sulle fibre getti di polvere trascinati da un gas compresso (per esempio aria).

Per migliorare l'adesione tra polveri e fibre nel tratto precedente l'estrusione del tubetto, le fibre stesse  
10 possono essere caricate elettrostaticamente.

La quantità di miscela di polvere igroespandente e di polvere inerte presente in un tubetto dipende dal numero di fibre e dal volume libero presente nel tubetto. Tipicamente, un tubetto alloggiante 8 fibre, con diametro  
15 0,9 mm può avere un contenuto di miscela di polvere igroespandente e di polvere inerte compreso tra 30 e 50 g/km, corrispondente a circa 4-7 g/km per ciascuna fibra.

Nel caso che la miscela di polveri sia applicata con l'ausilio di dispositivi elettrostatici, la quantità di  
20 miscela di polveri può essere incrementata, fino a 100-120 g/km (nel caso dello stesso tubetto con otto fibre). In tale caso, la frazione di polvere igroespandente nella miscela può essere corrispondentemente inferiore (indicativamente 20-40%), in relazione alla quantità di  
25 miscela di polvere effettivamente introdotta nel tubetto ed alla distanza di penetrazione d'acqua desiderata.

I tubetti 2 sono alloggiati lascamente all'interno del tubo interno 4. Negli spazi vuoti tra un tubetto e l'altro è vantaggiosamente inserito un tamponante fluido 12, che va  
30 occludere sostanzialmente tutti gli spazi impedendo la penetrazione dell'acqua lungo il tubo interno.

La scelta del tipo di fluido tamponante è vincolata dal fatto di essere a contatto con il materiale plastico dei

PC805

16

tubetti 2. Infatti, per alcuni materiali plastici il contatto con un fluido idrocarburico è dannoso, in quanto quest'ultimo estrae il plastificante eventualmente presente nel materiale plastico del tubetto rendendo lo stesso  
5 rigido e fragile, quindi a rischio di rottura. Quindi è necessario scegliere il materiale plastico dei tubetti (come pure del tubo interno 4) ed il fluido tamponante in modo che siano compatibili tra loro.

Inoltre il fluido tamponante può essere addizionato di  
10 polvere igroespandente in modo da aumentare l'efficacia del tamponamento nelle aree interstiziali fra i tubetti e fra i tubetti ed il tubo interno.

Un esempio di un tipo di fluido tamponante vantaggiosamente utilizzato nella presente invenzione compatibile con  
15 tubetti realizzati in EVA è un fluido tamponante siliconico costituito da polidimetilsilossano addensato con silice colloidale, posto in commercio con la denominazione H55 dalla SICPA.

Nella seguente tabella sono illustrati i risultati di  
20 alcune prove di invecchiamento di materiali di possibile uso per realizzare i tubetti in presenza di fluidi tamponanti.

Tali prove consistono nel verificare la degradazione delle caratteristiche meccaniche del materiale dei tubetti in  
25 seguito a invecchiamento accelerato a contatto con un tamponante fluido.

La prova di invecchiamento accelerato è stata eseguita realizzando provini costituiti da un tubetto lungo 1 m, ed immergendo detti provini, ad eccezione delle estremità, in  
30 un contenitore aperto contenente il fluido tamponante.

I contenitori con i provini sono stati quindi mantenuti ad una temperatura di 85°C per 10 giorni.

Dopo l'invecchiamento, i provini sono stati estratti,

PC805

17

detersi meccanicamente dal fluido tamponante e sottoposti a prove meccaniche. I risultati di dette prove sono riportati nella tabella 1 seguente.

La tabella 1 compara il comportamento di tubetti in EVA, in particolare il precedentemente citato PULSAR 604, con tubetti in PVC plastificato, in contatto con il fluido tamponante siliconico precedentemente citato H55 e con un fluido tamponante a base di poliolefine sintetiche addensate con un elastomero.

Le grandezze osservate sono il carico a rottura (CR), l'allungamento a rottura (AR) ed il modulo di elasticità (E) di provini realizzati con i due materiali plastici suddetti, sia tal quali, sia dopo invecchiamento accelerato in aria, in tamponante siliconico ed in tamponante a base poliolefinica.

Tabella 1

	PULSAR 604			PVC		
	CR, Mpa ( $\Delta$ , %)	AR, % ( $\Delta$ , %)	E, Mpa ( $\Delta$ , %)	CR, Mpa ( $\Delta$ , %)	AR, % ( $\Delta$ , %)	E, Mpa ( $\Delta$ , %)
Originale	16,8	120	137,3	10,5	155	19,9
In aria	9,3 (-44,6)	100 (-16,6)	48,7 (-64,5)	15,2 (+44,7)	90 (-41,9)	716,2 (+3598)
Tamponante siliconico H55	14,9 (-11,3)	110 (-8,3)	143,3 (+4,3)	17,9 (+70,4)	25 (-83,8)	749,7 (+3767)
Tamponante a base di poliolefina	provini distrutti			16,7 (+59)	20 (-87)	502,4 (+2524)

Analizzando i risultati della tabella la richiedente ha osservato nel caso di PVC un fortissimo incremento del modulo elastico ed una corrispondente riduzione dell'allungamento a rottura, che significa che il tubetto diventa molto fragile e quindi a rischio di rottura con entrambi i tamponanti usati; viceversa, l'utilizzo di PULSAR 604 in contatto con fluido tamponante siliconico H55

PC805

18

risulta soddisfacente.

Convenientemente, in aggiunta o in sostituzione al fluido tamponante, può essere presente uno strato esterno dei tubetti 2, oppure il tubo interno 4 o un suo rivestimento interno, in materiale idrobloccante solido, ad esempio un copolimero polivinilalcol/polivinilacetato. Il materiale idrobloccante solido può essere sia estruso, a formare uno strato di uno o più degli elementi suddetti, sia in forma di nastratura.

- 10 In una ulteriore alternativa, all'esterno dei tubetti può essere usata polvere igroespandente (tal quale o macinata). In questo caso, non essendo presenti fibre eventualmente soggette ai fenomeni di "microbending" sopra indicati non è necessario che la polvere sia miscelata con talco o simili.

15 ESEMPIO 1

Prova di penetrazione acqua in un cavo con miscela di polveri tamponanti

La prova è consistita nel sottoporre un cavo a fibre ottiche ad un battente costante di un metro di acqua su tutta la sezione del cavo, corrispondente alla pressione di 0,1 bar, e nel misurare il tempo che il fronte d'acqua impiega per fermarsi completamente all'interno del cavo.

Il cavo a fibre ottiche impiegato nella presente prova aveva sostanzialmente la struttura rappresentata in figura 1, ed in particolare era costituito da:

- una guaina esterna 6 in polietilene ad alta densità, comprendente due fili taglia guaina 8 e due elementi di rinforzo in vetroresina 7 di diametro 1.9 mm.
- all'interno di detta guaina diciotto tubetti 2 (diametro esterno di 1.1 mm e interno di 0.9 mm) cordati 5/2 (passo 2 m e angolo +/- 360°) e inseriti laschi in un tubo interno 4 realizzato in MDPE (diametro esterno 8.4 mm diametro interno 6.4 mm); tali tubetti 2 sono realizzati



PC805

19

nel citato PULSAR 604;

- in detto tubo interno 4 è inserito un grasso siliconico  
avente una viscosità di 120Pa.s;
- tra detto tubo interno e detta guaina è inserito un  
materiale antincollaggio realizzato con un nastro di  
carta 5 di spessore 70µm;
- all'interno di ciascun tubetto 2 sono disposte otto fibre  
ottiche singolo modo (con rivestimento secondario  
colorato) tipo NEON®, aventi diametro nominale 250µm,  
prodotte dalla Pirelli Cables;
- all'interno di detti tubetti tra le fibre ottiche è  
disposto una miscela di polveri tamponanti 11  
comprendente talco (Johnson Baby Powder della Johnson &  
Johnson ) e polvere igroespandente AQUA KEEP J550 Sanyo;  
la miscela comprendeva 30% di talco e 70% di polvere  
igroespandente ed era in quantità corrispondente a circa  
30g/km per ciascun tubetto.

Una colonnina di vetro, della altezza di un metro, è stata  
riempita con acqua contenete un colorante (blu di metilene)  
per facilitare l'individuazione del fronte del fluido  
all'interno del cavo, ed è stata collegata a tenuta ad una  
estremità del cavo sopra descritto.

La prova è stata condotta a temperatura ambiente su un cavo  
di 6 m di lunghezza.

A seguito di tale prova si è verificato che il cavo è stato  
in grado dopo 24 ore di bloccare il flusso del fluido al  
suo interno a meno di 3 m dal punto di infiltrazione del  
fluido stesso.

#### ESEMPIO 2

Prova di penetrazione acqua in un cavo con polvere  
tamponante inerte.

In una seconda prova è stato provato un cavo avente la

PC805

20

medesima struttura descritta nel precedente esempio 1, impiegante all'interno dei tubetti una quantità di circa 30g/km per tubetto di talco.

E' stato osservato che dopo un minuto dall'inizio della prova l'acqua aveva percorso l'intera lunghezza (6 m) di cavo a disposizione e usciva all'esterno all'opposta estremità.

### ESEMPIO 3

Prova di penetrazione acqua in un cavo con polvere tamponante igroespandente.

In una terza prova è stato provato un cavo avente la medesima struttura dell'esempio 1, impiegante all'interno dei tubetti una quantità di circa 30g/km per tubetto di polvere igroespandente.

Dopo 24 ore si è verificato che il cavo è stato in grado di bloccare il flusso di acqua al suo interno a meno di 3 m dal punto di infiltrazione.

### ESEMPIO 4

Prova di attenuazione in un tubetto con miscela di polveri tamponanti

L'attenuazione per unità di lunghezza di un segnale ottico trasmesso in un tratto di tubetto utilizzando la miscela di polveri secondo l'invenzione, avvolto sotto tiro su una bobina, è stata misurata utilizzando la tecnica OTDR ("optical time domain reflectometry"), che misura la quantità di luce retrodiffusa dalle fibre ("backscattering").

La pendenza della curva della potenza luminosa retrodiffusa misura l'attenuazione del segnale lungo la fibra ottica.

E' stato impiegato un tubetto con la stessa struttura di quelli descritti nell'esempio 1, contenente all'interno una miscela di polveri composta dal 30% di Talco e dal 70% di

25-03-1999

EP99106042.7

SPEC

PC805

21

polvere igroespandente.

Il tubetto provato aveva lunghezza di circa 2 km ed è stato avvolto su una bobina con diametro circa 200 mm e tensione 70g.

- 5 Dall'esame delle curve di attenuazione misurate sulle fibre contenute nel tubetto è stato rilevato un incremento medio di attenuazione pari a circa 0,01 dB/km rispetto ai valori rilevati sulle stesse fibre non cablate.

- 10 Si è osservato, inoltre, che non sono presenti gradini di attenuazione significativi.

- La perdita osservata risulta del tutto trascurabile nella pratica; infatti tale perdita è probabilmente da attribuire allo stato di sollecitazione meccanico dovuto all'avvolgimento sotto tiro del tubetto sulla bobina sulla  
15 quale è stata eseguita la misura. La struttura del cavo finito protegge i singoli tubetti dalle sollecitazioni laterali, e quindi ci si attende che questa leggera perdita non risulti osservabile nelle condizioni operative del cavo.

20 **ESEMPIO 5**

**Prova di attenuazione in un tubetto con polvere tamponante inerte**

- Utilizzando all'interno di un tubetto una polvere composta da 100% di Talco, le curve della potenza retrodiffusa  
25 misurata sono risultate essere sostanzialmente coincidenti con quelle delle fibre non cablate, evidenziando un incremento di attenuazione sostanzialmente nullo. In questo cavo tuttavia la penetrazione d'acqua non viene arrestata; si è osservato che l'acqua in tale tubetto percorre 3 metri  
30 di tubetto in 30 secondi.

**ESEMPIO 6**

**Prova di attenuazione in un tubetto con polvere tamponante**

PC805

22

igroespandente

Utilizzando all'interno di un tubetto una polvere composta da 100% di polvere igroespandente Sanyo AQUA KEEP J550 (macinata con la granulometria riportata in figura 2), le curve di attenuazione misurate hanno mostrato un incremento significativo della attenuazione media rispetto a quella delle fibra non cablate (tipicamente maggiore di circa 0,1 dB/km). Inoltre, la curva osservata presenta dei gradini di attenuazione localizzata, che si ritiene siano dovuti a grippaggi e sovrappressioni (ad esempio a causa di grumi di polvere), localizzati lungo il tubetto.

ESEMPIO 7Variazione di attenuazione durante cicli termici

E' stato provato un cavo avente la medesima struttura dell'esempio 1, impiegante all'interno dei tubetti una miscela comprendente 30% di talco e 70% di polvere igroespandente (macinata), in quantità corrispondente a circa 30 g/km per ciascun tubetto.

E' stata misurata la variazione di attenuazione durante cicli termici tra -25 e +70°C a una lunghezza d'onda di 1550nm. I risultati, registrati automaticamente durante detti cicli termici, sono riportati in figura 3, che mostra il grafico dell'attenuazione 41 sul cavo durante tali cicli termici (rappresentati dalla curva 42). Come si rileva dalla curva 41, non è stato evidenziato alcun incremento sensibile dell'attenuazione nel tempo.

Quindi, inserendo nei tubetti contenenti le fibre ottiche una miscela comprendente una polvere igroespandente e un materiale avente una granulometria inferiore a quella della polvere igroespandente, si riesce ad ottenere il blocco della penetrazione all'acqua nel cavo evitando nel contempo una rilevante attenuazione del segnale trasmesso.

Vantaggiosamente, si è osservato che la polvere inerte, in

PC805

23

particolare il talco, genera una azione lubrificante tra le fibre all'interno dei tubetti, abbassando il coefficiente d'attrito relativo.

Nel tipo di cavo precedentemente descritto lo spazio che la citata miscela deve occupare è generalmente molto limitato, in particolare nel caso di tubetti di dimensione particolarmente ridotta.

In fase di costruzione del cavo, inserire un fluido viscoso all'interno di tali tubetti come tamponante risulta assai difficile o impossibile (con le velocità di produzione di interesse commerciale) a causa delle elevatissime perdite di carico cui il fluido sarebbe sottoposto in fase di alimentazione all'interno dei tubetti stessi.

La miscela di polvere igroespandente e talco invece viene applicata preventivamente sulle fibre, come in precedenza descritto, e in seguito le fibre sono inserite nel tubetto. Fatta in questo modo l'operazione garantisce che tale miscela vada ad occupare sostanzialmente tutti gli spazi all'interno del tubetto senza stressare eccessivamente il tubetto stesso.

In fase di installazione, manutenzione, terminazione o derivazione del cavo per accedere alle fibre ottiche è necessario incidere e sfilare una adeguata porzione del tubetto e le fibre stesse debbono essere liberate dalla presenza di tali polveri.

Con un cavo ottico secondo l'invenzione l'operazione è facilitata, in quanto la miscela in polvere agevola lo sfilamento del tubetto e, inoltre, essa stessa è facilmente asportabile utilizzando un getto d'aria compressa mentre ciò non sarebbe possibile utilizzando un tamponante fluido.

La realizzazione dei vari elementi sopra indicati può essere eseguita secondo le tecniche note, in particolare per esempio i tubetti e la guaina possono essere realizzati

25-03-1999

EP99106042-7

**SPEC**

PC805

24

mediante estrusione.

La presente invenzione è stata descritta con riferimento ad una forma preferita di realizzazione, costituita da un cavo a fibre ottiche comprendente un tubetto nel quale una o più fibre ottiche sono alloggiata in forma indipendente.

La presente invenzione si applica anche in cavi nei quali due o più fibre ottiche sono riunite in nastri ("ribbon") o simili.

In particolare, nel caso di "ribbon", ogni nastro comprende una pluralità di fibre ottiche, ciascuna delle quali è ricoperta da un rivestimento primario e da un rivestimento comune alle fibre ottiche del nastro. Detto rivestimento primario è formato da un primo strato a diretto contatto con le fibre e da un secondo strato esterno al primo strato.

Inoltre, la presente invenzione si applica anche a cavi con differente struttura, ad esempio cavi in cui le fibre sono alloggiare in nuclei scanalati, sia separatamente, sia riunite in nastri ("ribbon").

20 Un cavo di tale tipo, come riportato in figura 4, presenta  
nella posizione radialmente più interna un elemento di  
rinforzo 22, ad esempio in vetroresina, sul quale è  
presente un nucleo scanalato 23 (tipicamente estruso),  
costituito da PE, PP oppure (in tutto o in parte) da un  
25 materiale solido idrosolubile, in cui sono ricavate  
esternamente delle scanalature 24 che si estendono ad elica  
continua o con andamento alternato s-z lungo tutta la  
superficie esterna di detto nucleo per alloggiarvi le fibre  
ottiche 3. Nell'esempio illustrato le fibre ottiche 3 sono  
30 riunite in nastri ("ribbon").

In particolare, in ciascuna delle scanalature 10 sono alloggiati, radialmente sovrapposti l'uno rispetto all'altro, più nastri di fibre ottiche, cinque nella forma

PC805

25

realizzativa rappresentata.

Un nastro di fibre ottiche è formato da più fibre ottiche 3, ad esempio quattro, dotate di rivestimenti polimerici, essenzialmente costituiti da un rivestimento primario 5 stratificato, associato ad ogni singola fibra 3, ed un rivestimento comune 31, esterno al rivestimento primario stratificato, che circonda e mantiene unite fra loro tutte le fibre ottiche appartenenti ad uno stesso nastro.

10 Il nucleo scanalato 23 è poi rivestito con uno o più strati 25, che chiudono le scanalature verso l'esterno, in materiale polimerico o metallico o combinati; tali rivestimenti possono essere realizzati sia in forma di guainetta estrusa, sia come nastratura polimerica o metallica longitudinale o elicoidale.

15 All'esterno dello strato di chiusura 25 possono essere presenti ulteriori strati protettivi del cavo.

Una descrizione dettagliata di un esempio di tale tipo di cavo è presente nel brevetto EP503469 a nome della stessa richiedente.

20 In un cavo del tipo suddetto la miscela tamponante precedentemente descritta può essere applicata all'interno delle scanalature 24 e tra ogni strato di nastri di fibre ottiche, creando una barriera per l'avanzamento dell'acqua all'interno delle scanalature stesse e allo stesso tempo 25 fungendo da lubrificante per limitare gli attriti come precedentemente descritto per il cavo a tubetti.

In generale, con riferimento ai dimensionamenti in precedenza indicati e alla prova di penetrazione descritta, si è osservato che la miscela di polveri tamponanti sopra 30 descritta può essere efficacemente impiegata in cavi a fibre ottiche nei quali tra le fibre e la cavità nella quale sono inserite è presente uno spazio vuoto non superiore al 70% rispetto al volume totale della cavità, e

PC805

26

preferibilmente non superiore al 50%.

Nel caso di spazi liberi superiori ai valori sopra indicati l'efficacia della miscela di polveri secondo la presente invenzione ai fini della limitazione della propagazione s longitudinale di acqua dovrà essere specificamente valutata in particolare con riferimento alle specifiche condizioni di impiego previste ed alla quantità di miscela di polveri applicata per unità di lunghezza di cavo.



PC805

27

## RIVENDICAZIONI

1. Cavo a fibre ottiche comprendente una cavità longitudinale nella quale è inserita almeno una fibra ottica (3), caratterizzato dal fatto che all'interno di detta cavità è inserita una miscela di polveri (11) comprendente

- una prima frazione di polvere igroespandente ed
- una seconda frazione di una polvere inerte avente una prefissata granulometria, inferiore a quella di detta polvere igroespandente,

detta prima e seconda frazione e detta prefissata granulometria della polvere inerte essendo selezionate in modo da:

- limitare la penetrazione d'acqua in ventiquattro ore lungo detta cavità entro una distanza inferiore a tre metri dal punto di ingresso di detta acqua, e
- causare un incremento di attenuazione in detta fibra ottica a seguito dell'alloggiamento in detta cavità inferiore a 0,02 dB/km rispetto al valore della fibra ottica non cablata.

2. Cavo a fibre ottiche secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detta frazione di polvere igroespandente è compresa tra il 40% ed il 80% in peso di detta miscela.

3. Cavo a fibre ottiche secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detta prefissata granulometria di detta polvere inerte è tale che almeno il 90% in peso di detta polvere inerte ha dimensione inferiore a 40µm.

4. Cavo a fibre ottiche secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detta polvere inerte è un materiale scelto tra talco, grafite, bisolfuro di molibdeno o PTFE in forma di polvere.

PC805

28

5. Cavo a fibre ottiche secondo la rivendicazione 4, caratterizzato dal fatto che detta polvere inerte è talco.

6. Cavo secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detta polvere igroespandente è poliacrilato di sodio.

7. Cavo a fibre ottiche secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detta polvere igroespandente ha granulometria tale che almeno il 90% in peso di detta polvere inerte ha dimensione inferiore a 80µm.

8. Cavo a fibre ottiche secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detta cavità è una cavità sostanzialmente tubolare con un diametro interno inferiore a 1,7 mm.

9. Cavo secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto di comprendere ulteriormente un tubo interno (4) nel quale è alloggiato in modo lasco almeno un tubetto (2), al cui interno è definita detta cavità tubolare.

10. Cavo secondo la rivendicazione 8, caratterizzato dal fatto che nello spazio tra detti tubetti (2) e detto tubo interno (4) è inserito un tamponante fluido.

11. Cavo secondo la rivendicazione 9, caratterizzato dal fatto che detto tamponante fluido comprende un polisilossano.

12. Cavo secondo la rivendicazione 9, caratterizzato dal fatto che detto tamponante fluido comprende polvere igroespandente.

13. Cavo secondo la rivendicazione 8, caratterizzato dal fatto che detti tubetti sono realizzati in una mescola comprendente un copolimero etilene/vinilacetato.

25-03-1999

EP99106042.7

SPEC

PC805

29

## RIASSUNTO

Cavo a fibre ottiche comprendente una tubetto (2) nel quale è inserita almeno una fibra ottica (3), all'interno di  
5 detto tubetto (2) è inserita una miscela (11) composta da una polvere igroespandente ed un materiale avente una granulometria inferiore a quella di detta polvere igroespandente. La percentuale di detta polvere nella  
10 miscela è in una quantità tale da bloccare il flusso di acqua entro una distanza inferiore a circa tre metri dal punto di ingresso di detta acqua in ventiquattrore e tale da causare un incremento di attenuazione in detta fibra ottica a seguito dell'alloggiamento in detta cavità inferiore a 0,02 dB/km.

1/4

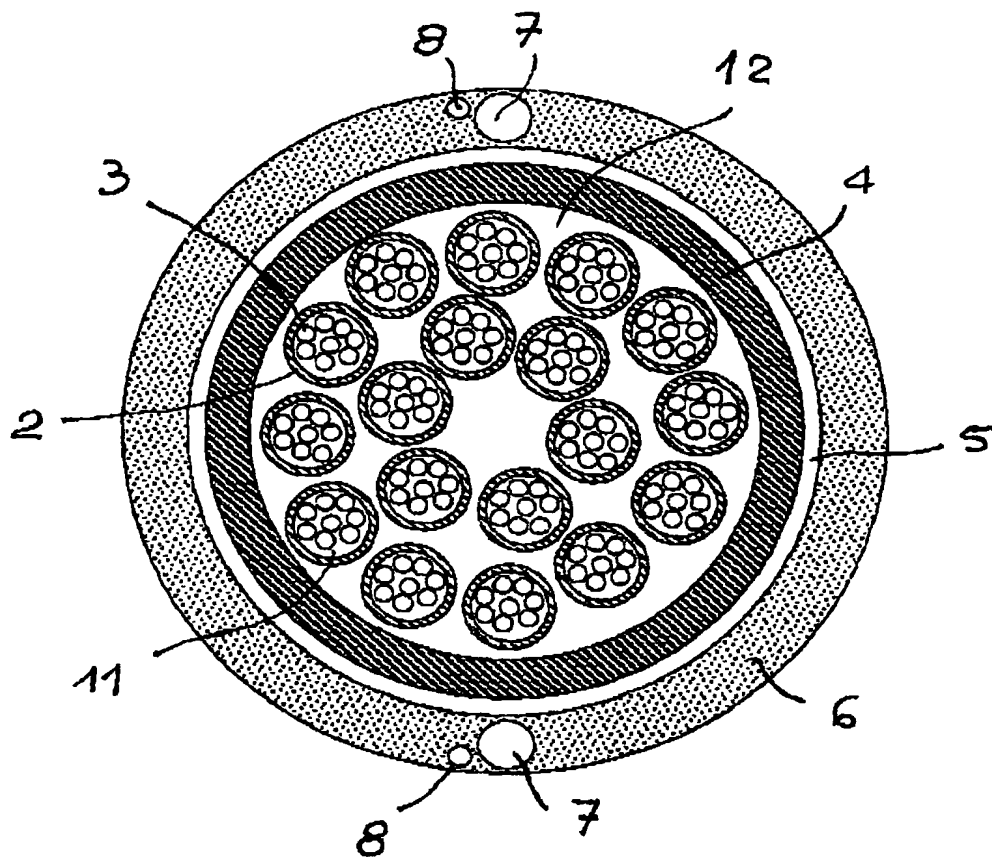


Fig. 1

25-03-1999

EP99106042.7

SPEC

PC805

2/4

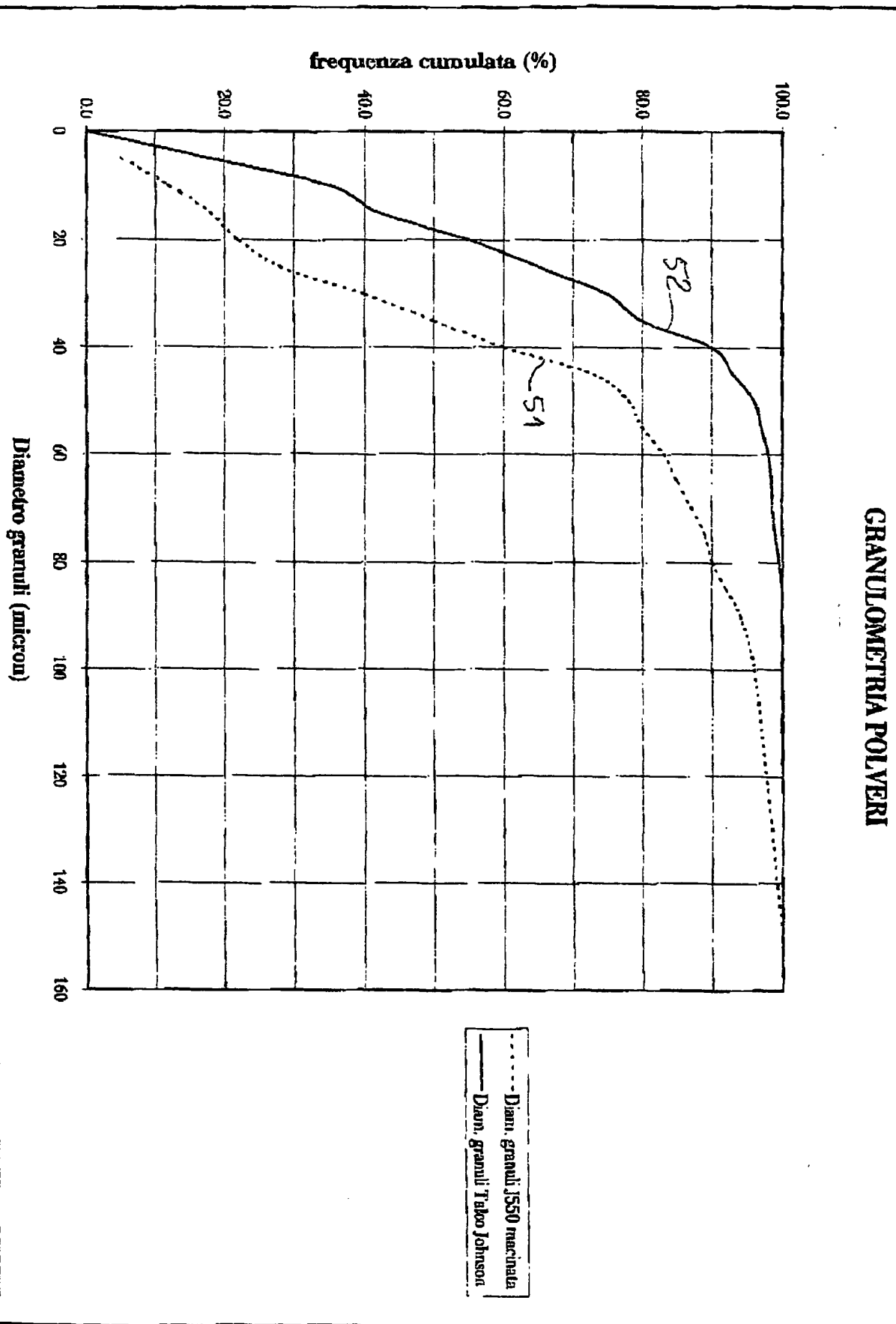


Fig. 2

PC805

3/4

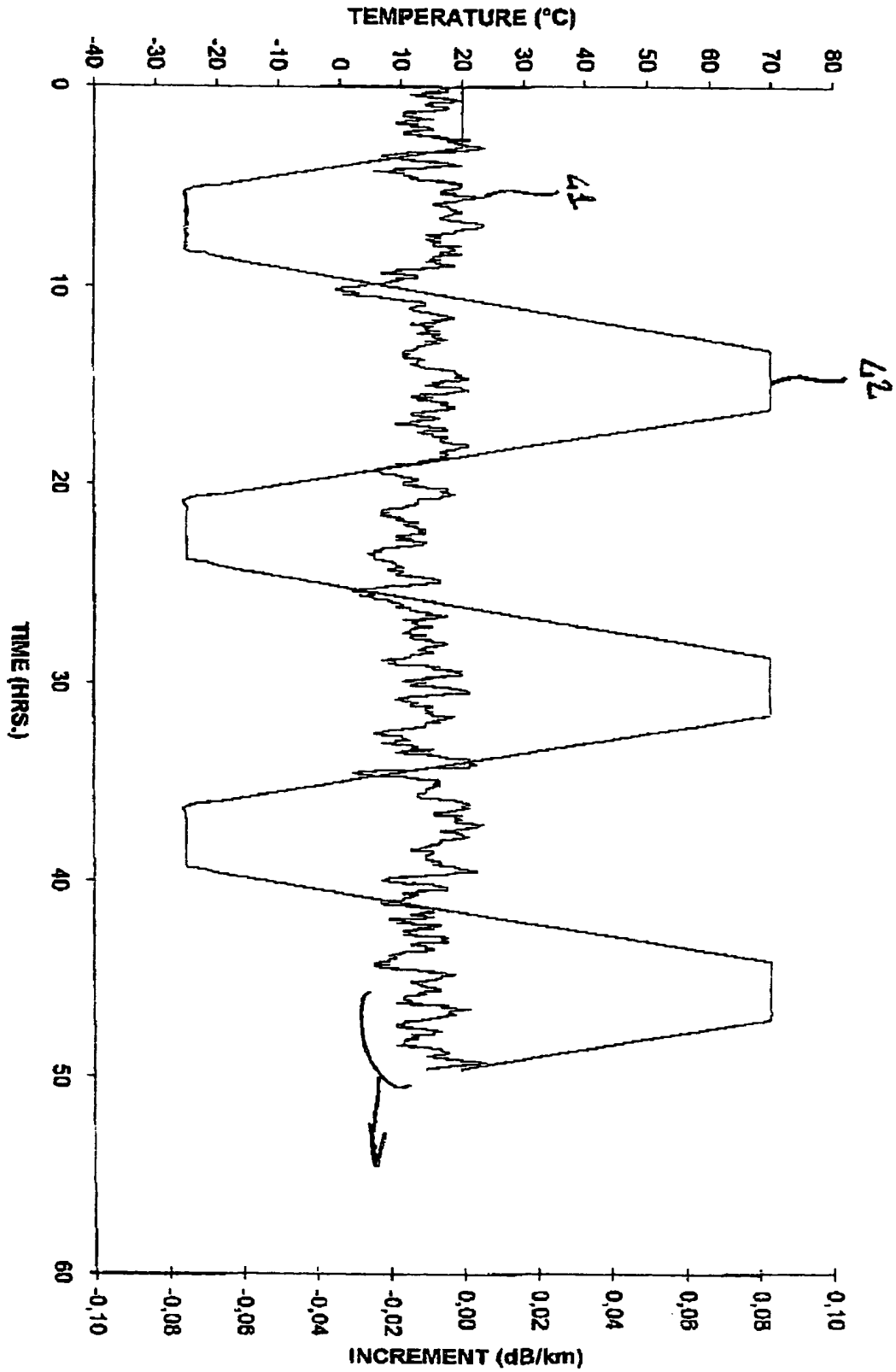


Fig 3

PC805

4/4

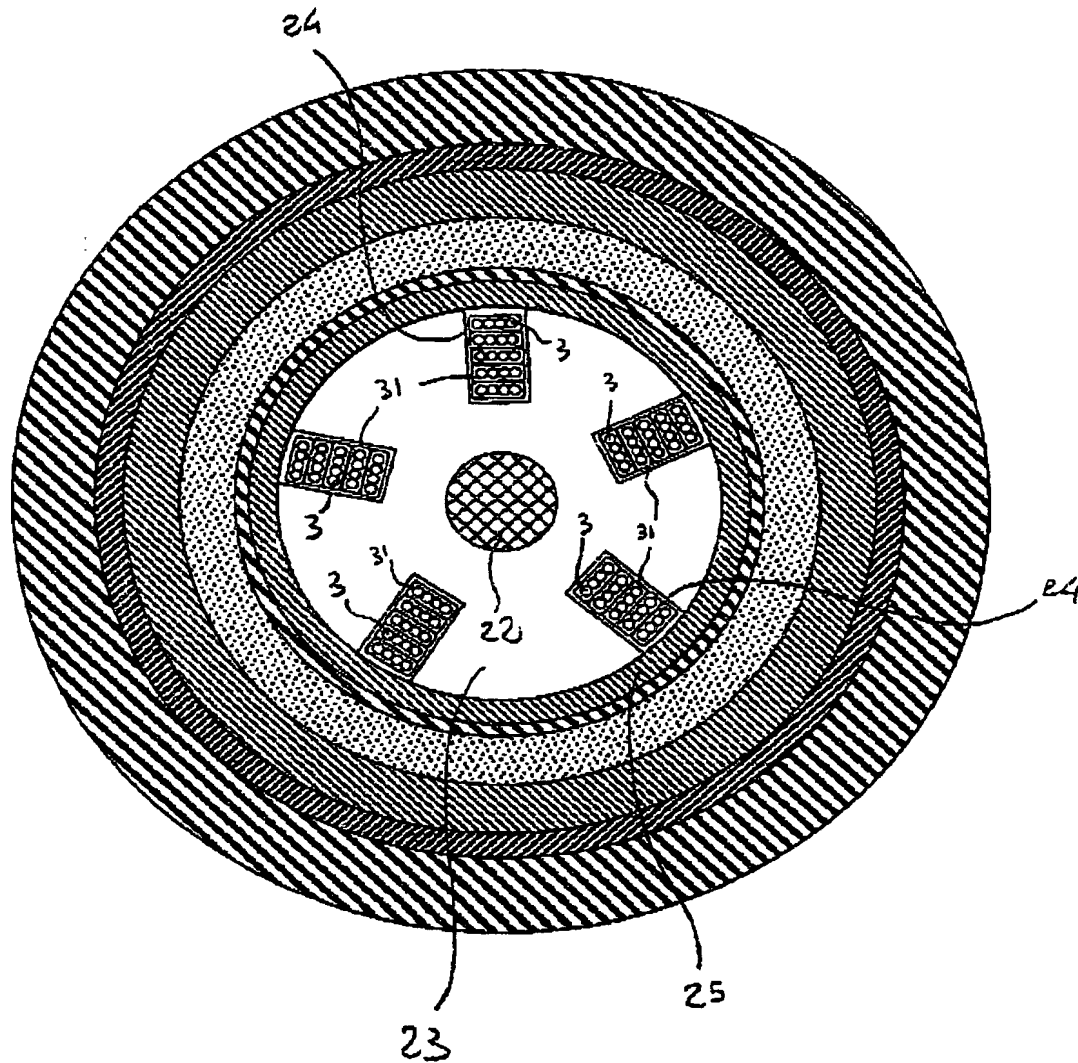


Fig 4

